

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-181376

(43)Date of publication of application : 11.07.1997

(51)Int.Cl.

H01S 3/0933

H01S 3/00

H01S 3/042

H01S 3/18

(21)Application number : 07-338534

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 26.12.1995

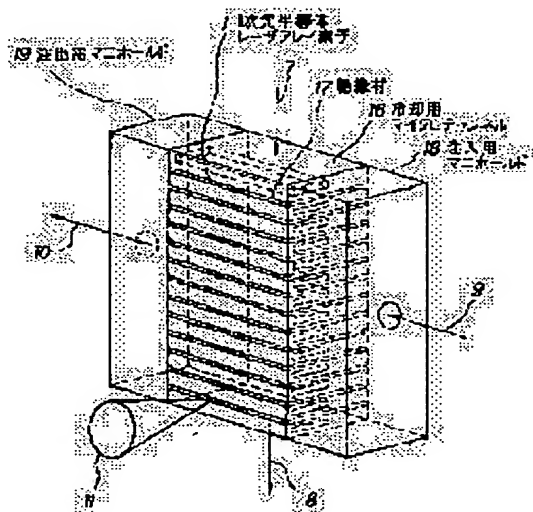
(72)Inventor : NODA OSAMU  
KURIBAYASHI SHIZUMA  
WATABE MASA HARU

## (54) SEMICONDUCTOR LASER FOR PUMPING SOLID STATE LASER AND FABRICATION THEREOF

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a high output with high efficiency by setting the oscillation wavelength of an array element shorter than the absorbing wavelength of a solid state laser medium in a normal temperature thereby turning the absorption spectrum of solid state laser medium to the oscillation spectrum of a high output pumping semiconductor laser.

**SOLUTION:** Insulators 17 and one-dimensional semiconductor laser array elements 1 are arranged between a large number of stacked cooling microchannels 16 such that they are not overlapped in plan view. The cooling microchannels 16 are bonded electrically and physically to the one-dimensional semiconductor laser array elements 1 thus constituting a two-dimensional semiconductor laser array element. The wavelength indicative of the peak value of oscillation spectrum of the one-dimensional semiconductor laser array elements 1 during normal operation in a normal temperature is shifted by an amount corresponding to the wavelength shift at the temperature rise of semiconductor laser during high output operation, to the short wavelength side from the peak wavelength of Nd ion absorption spectrum and tuned with the peak wavelength of Nd ion.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.10.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.10.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-181376

(43) 公開日 平成9年(1997)7月11日

(51) Int. Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S	3/0933		H 0 1 S	3/091 S
	3/00			3/00 B
	3/042			3/18
	3/18			3/04 L

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-338534

(22) 出願日 平成7年(1995)12月26日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 野田 修

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 栗林 志頭真

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 渡部 正治

兵庫県高砂市荒井町新浜二丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂研究所内

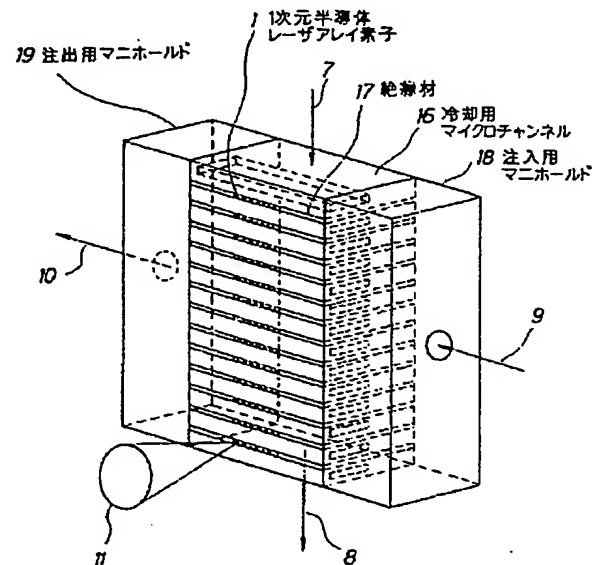
(74) 代理人 井理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 固体レーザ励起用半導体レーザ及びその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 固体レーザ媒質の吸収スペクトルと高出力励起用半導体レーザの発振スペクトルの同調が可能で、高効率で高出力の固体レーザ発振が達成できる固体レーザ励起用半導体レーザを提供することを目的とする。

【解決手段】 固体レーザを光励起するための光源として半導体レーザの一次元アレイ素子1を二次元的に配置してなる固体レーザ励起用半導体レーザにおいて、前記固体レーザ媒質の吸収波長帯と前記アレイ素子1の発振波長帯を同調させるために、前記アレイ素子1の発振波長を常温状態で前記固体レーザ媒質の吸収波長帯より短波長側としたことを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 固体レーザを光励起するための光源として半導体レーザの一次元アレイ素子を二次元的に配置してなる固体レーザ励起用半導体レーザにおいて、前記固体レーザ媒質の吸収波長帯と前記アレイ素子の発振波長帯を同調させるために、前記アレイ素子の発振波長を常温状態で前記固体レーザ媒質の吸収波長帯より短波長側としたことを特徴とする固体レーザ励起用半導体レーザ。

【請求項 2】 固体レーザを光励起するための光源として半導体レーザの一次元アレイ素子を二次元的に配置してなる固体レーザ励起用半導体レーザにおいて、前記固体レーザ媒質の吸収波長帯と前記アレイ素子の発振波長帯の幅を同調させるために、絶縁冷媒の流れる冷却用マイクロチャンネルと前記アレイ素子とを交互に繰り返して積層することにより二次元半導体レーザアレイ素子を構成すると共に該二次元半導体レーザアレイ素子の両側面に前記冷却用マイクロチャンネルに対して前記絶縁冷媒を並列的に注水する注水用マニホールド及び集合して注出する注出用マニホールドをそれぞれ一直に結合したことを特徴とする固体レーザ励起用半導体レーザ。

【請求項 3】 前記冷却用マイクロチャンネルは、単一流路であることを特徴とする請求項 2 記載の固体レーザ励起用半導体レーザ。

【請求項 4】 前記冷却用マイクロチャンネルは、一体物であることを特徴とする請求項 2 記載の固体レーザ励起用半導体レーザ。

【請求項 5】 前記注入用マニホールドを経て、前記冷却用マイクロチャンネルを単一流路として通過した絶縁冷媒が再び前記冷却用マイクロチャンネルを通過することなく、前記注出用マニホールドへ流出することを特徴とする請求項 2 記載の固体レーザ励起用半導体レーザ。

【請求項 6】 導電材によりなる冷却用マイクロチャンネルの間に、絶縁体と一次元半導体レーザアレイ素子とを平面的に重なり合わないよう並べて挟み込むと共に前記冷却用マイクロチャンネルと一次元半導体レーザアレイ素子との間に導電性接着剤を介装したものを複数個積層して二次元半導体レーザアレイ素子として所定の圧力でクランプするプロセスと、前記導電性接着剤が溶融する温度まで前記二次元半導体レーザアレイ素子を加熱した後、前記導電性接着剤が固化するまで冷却させることにより、前記一次元半導体レーザアレイ素子と前記冷却用マイクロチャンネルとを前記導電性接着剤により物理的及び電気的に接合するプロセスと、前記二次元半導体レーザアレイ素子の両側面に注入用マニホールド及び注出用マニホールドを接合するプロセスとを有することを特徴とする固体レーザ励起用半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体レーザ励起用半導体レーザ及びその製造方法に関する。特に、高出力レーザ加工機として好適なものであり、更に、レーザ測長器にも応用可能である。

05 【0002】

【従来の技術】半導体レーザは、近年の高出力半導体レーザの開発に伴い、従来の光通信や情報機器等の小出力用の応用分野だけでなく、加工用などの高出力の固体レーザの励起用光源としての応用が本格的に注目されるようになってきている。古くから用いられてきた固体レーザの励起用光源は、フラッシュランプであったが、その発光スペクトルは非常にブロードであるため、固体レーザ媒質の吸収波長帯に同調させ効率良く励起することが不可能であった。

10 【0003】また、固体レーザの吸収波長帯以外の光エネルギーは、固体レーザ媒質内で熱エネルギーとなり、固体レーザ媒質の熱レンズ効果等の発生により、ビーム品質の低下を招く問題が発生していた。一方、半導体レーザの発光スペクトルは狭く、固体レーザ媒質の吸収スペクトル帯に同調させることが可能であり、高効率な励起が実現できる。

15 【0004】例えば、フラッシュランプ励起に比べ、10倍以上の20～30%の高効率が可能であり、高出力分野で利用されてきたガスレーザをも上回るものであるため、その高出力化の開発が加速されてきている。また、効率アップにより、設備容量が低下するため、コストが低減され高出力、加工機市場への進出が可能となる。

20 【0005】加工用の高出力固体レーザ励起源として、半導体レーザを用いる場合、半導体レーザの1発光素子（1活性媒質）で活性させるのは現実的ではなく、複数個の半導体レーザの発光素子を組み合わせることで高出力化を達成することができる。但し、固体レーザ媒質は、ある有限の大きさ（必要な出力を取り出すために最適化された大きさ）があるため、そのスペースに合った高密度な半導体レーザの発光素子の組み合わせと半導体レーザ自身の高出力化が達成されなければならない。

25 【0006】その構成として、一次元に活性媒質が並んだ一次元半導体レーザアレイ素子を複数個積層することによって、二次元半導体レーザアレイ素子が構成され、高密度な半導体レーザを得ることができる。また、半導体レーザ自身の高出力化に対しては、半導体レーザの平均駆動電流値を増大させることにより、達成することが可能である。

30 【0007】ここで問題となるのは、半導体レーザの電気-光変換効率は、100%ではなく、ほぼ50%程度であり、半導体レーザの抵抗をRとすれば、 $(I R^2)$ （レーザ出力）が熱となって発生することである。二次元半導体レーザアレイにおいては、周囲の部分は放熱できるが、内部の部分は熱がこもり、半導体レーザの活性媒

質の温度は上昇する。また、平均駆動電流の増加に伴い、発生熱量は増大し、同様に温度上昇する。

【0008】半導体レーザの発振特性（効率、波長）は、温度依存性があり、温度上昇により、発振効率が低下し、発振波長も長波長側へシフトする。このために、更に温度上昇が加速され、最後には活性媒質中に流れる電流密度に不均一性が表れ、発振が低下し、半導体レーザに損傷を受けることとなる。従って、半導体レーザの除熱問題を解決することができれば、高出力半導体レーザの発振が可能となる。

【0009】従来の二次元半導体レーザアレイ素子の一例を図11に示す。同図に示すように、複数の冷却ブロック131、132、133、134がそれぞれ中間水路12を部分的に介して積み重ねられると共に最も上の冷却ブロック131上にはマニホルド6が載置されている。

【0010】各冷却ブロック131～134は、冷却水の流通する水路が複数個加工されたマイクロチャンネル3、4、5を三層に積み重ねて組み立てたものである。尚、冷却ブロック131～134の積み重ね個数は、実際には、数10個である（例えば、50個～100個）。

【0011】各冷却ブロック131～134における上層のマイクロチャンネル3上には、一次元半導体レーザアレイ素子1が搭載されると共にその素子1の上下には陽極及び陰極（図示省略）が配置され、これらの電極に導線2が接続している。一次元半導体レーザアレイ素子1は、数 $\mu\text{m}$ ×数100 $\mu\text{m}$ の断面積を持った数10個の活性媒質を一次元に並べて配置したものである。

【0012】一次元半導体レーザアレイ素子1に対しては、導線2を介して駆動電流が、矢印7に示すように上段の冷却ブロック131から流入し、更に、矢印8に示すように下段の冷却ブロック134へと流れる。一次元半導体レーザアレイ素子1に駆動電流が注入されると、図中に示すように、レーザ11を出射し、その際、一次元半導体レーザアレイ素子1から発生する熱はマイクロチャンネル3との接触面を通じて、マイクロチャンネル3により熱を奪われて冷却されることになる。

【0013】上記マニホルド6は、外部の冷却水循環器から、注入方向9で示す方向に冷却水を注入する開口部と、冷却ブロック131～134を通過した冷却水を再び、注出方向10で示す方向に注出するための開口部を備えたものである。中間水路12は、冷却水を流す水路が複数形成された電導性のものであり、同時に、マイクロチャンネル3上の導線2とマイクロチャンネル5との接触を回避する役目を果たすものである。

【0014】従って、マニホルド6に、注入方向9で示す方向より冷却水を注入すると、その冷却水は、冷却ブロック131、132、133、134及びそれらの間の中間水路12を図中下向きに流通した後、再び、反

転して冷却ブロック134、133、132、131及びそれらの間の中間水路12を上向きに流れ、注出方向10で示すように排出されることとなる。

【0015】このように、冷却水を冷却ブロック131～134を流通させることにより、一次元半導体レーザアレイ素子1で発生した熱が除去され、高出力高密度な半導体レーザの発振が可能となる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図11に示す従来の二次元半導体レーザアレイ素子では、冷却水により、一次元半導体レーザアレイ素子1を冷却することができるものの、更に、平均駆動電流を増加して、高出力な半導体レーザを発振させると、半導体レーザの温度が上昇し、通常運転時の温度より高い温度で動作することになる。

【0017】従って、固体レーザの吸収のピーク値を示す波長の半導体レーザを採用すると、高出力運転時は温度上昇により、更に、長波長側へシフトするため、固体レーザ媒質の吸収波長との同調ができなくなり、励起効率が低下する。即ち、通常の運転では、図12に破線で示すNdイオンの吸収スペクトル分布13は、実線で示す常温での一次元半導体レーザアレイ素子の発振スペクトル14に対して、ピーク波長において同調（ $\lambda_{\text{op}} = \lambda_i$ ）させることができる。

【0018】しかしながら、高出力運転時における一次元半導体レーザアレイ素子の発振スペクトル15は、常温のときよりも図中矢印で示すように長波長側に移動するため、ピーク波長において同調できず（ $\lambda_{\text{op}} < \lambda_i$ ）、励起効率が低下する

【0019】具体的には、YAG結晶中にドーブされたNdイオンの吸収ピーク値を示す波長は、808nmであるため、発光強度が808nmでピークの半導体レーザ素子を採用するとすると、高出力運転時は温度上昇のため、808nmより長波長側へシフトする。変化率を約0.3nm/℃とすれば、10℃の温度上昇で3nm長波長側へシフトし、そのために、Ndイオンの吸収波長との同調ができず、励起効率が低下する。

【0020】また、図11に示す従来の二次元半導体レーザアレイ素子では、冷却水が反転して流れるため、一次元半導体レーザアレイ素子1の温度が不均一となる不都合がある。即ち、マニホルド6に注入された冷却水は、最上段の冷却ブロック131のマイクロチャンネル3、4、5をスタートして、冷却ブロック132、133を順に流下した後、最下段の冷却ブロック134のマイクロチャンネル3、4、5を通過して反転し、冷却ブロック133、132を流上し、最上段の冷却ブロック131に戻って、マニホルド6から外部へ注出されることになる。

【0021】従って、冷却ブロック131の冷却水の温度よりも、冷却ブロック134の冷却水の温度が高くな

り、一次元半導体レーザアレイ素子 1 が不均一となる。そのため、より高い温度の一次元半導体レーザアレイ素子 1 の発振波長はより長波長側へシフトすることになり、発振スペクトルの幅が広がることになる。即ち、通常の運転では、図 12 に破線で示す Nd イオンの吸収スペクトル分布 13 は、実線で示す常温での一次元半導体レーザアレイ素子の発振スペクトル 14 に対して、半値全幅においても同調 ( $\Delta\lambda_p = \Delta\lambda_l$ ) させることができる。

【0022】しかしながら、高出力運転時における一次元半導体レーザアレイ素子の発振スペクトル 15 は、常温のときよりも発振スペクトル幅が広がるため、半値全幅においても同調できず ( $\Delta\lambda_p < \Delta\lambda_l$ )、励起効率が低下する。

具体的には、YAG 結晶中にドーブされた Nd イオンの吸収スペクトルのピーク値を示す波長は、808 nm であり、その広がりを示す半値全幅  $\Delta\lambda_p \approx 3$  nm 程である。

【0023】一方、通常の一次元半導体アレイ素子の常温における発振スペクトルの半値全幅も  $\Delta\lambda_l \approx 3$  nm であるため、温度上昇により、更に発振スペクトル幅が広がると、 $\Delta\lambda_l > 3$  nm となり、スペクトル幅においても同調しなくなるため、励起効率が低下する。更に、冷却ブロック 131~134 におけるマイクロチャンネル 3, 4, 5 には、複数の流路を形成し、流路断面積を縮小してゆくことにより、ベンチュリー効果を生じさせ、流速の増加が期待されるが、逆に断面積が縮小することにより、圧力損失も増加し、注入口での水圧を増加させないと、除熱に十分な流速が確保できなくなり、冷却水循環設備容量の増大にもつながる。

【0024】また、分割されたマイクロチャンネル 3, 4, 5 の接合部の気密性の閾値が増大し、冷却水漏れの発生原因の増大につながる。更に、複数の冷却水通路を形成するためには、加工工数の増加、エッチング等による効果な加工法の採用の必要があり、加工コストの増加につながり、半導体レーザ励起固体レーザの高効率発振のメリットが低減される。

【0025】また、一次元半導体レーザアレイ素子 1 に駆動電源導入用の導線 2 を保護するための各々中間水路 12 を介在しているため、高密度な二次元半導体レーザアレイ素子化が困難となっている。

【0026】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明は、次の手段を採用する。

■一次元半導体レーザアレイ素子の高出力運転時における温度上昇による波長シフトを考慮し、固体レーザ媒質の吸収ピーク波長よりも短波長側で発振スペクトルのピーク値を示す半導体レーザを励起用光源として採用した点。

【0027】■一次元半導体レーザアレイ素子を冷却す

る冷却用マイクロチャンネルにおいて、冷却水は一方方向のみに流れ、注入側と注出側にそれぞれマニホールドを設置し、注入用のマニホールドに注入された冷却水は、それぞれ、一つの一次元半導体レーザアレイ素子用冷却水路を重複して流れることなく、注出用マニホールドに排出される構造とした点。

【0028】■冷却用マイクロチャンネルとして、単一流路を採用すると同時に一体物を用いた点。

■一次元半導体レーザアレイ素子の上下面に陽極、陰極を設置し、冷却用マイクロチャンネルに直に接合させる点。

【0029】

【発明の実施の形態】先ず、一つの一次元半導体レーザアレイ素子の高出力運転時の温度上昇による長波長側への波長シフト量を  $\Delta\lambda$  とすると、固体レーザ媒質の吸収スペクトルのピーク値を示す波長より同量の  $\Delta\lambda$  だけ、短波長に発振のピークを持つ一次元半導体レーザアレイ素子を励起用光源として採用することにより、高出力運転時には、固体レーザ媒質の吸収スペクトルのピーク値を示す波長までシフトするため、波長の同調が可能である。

【0030】次に、一次元半導体レーザアレイ素子を冷却する冷却用マイクロチャンネルは単一流路で流れ方向も 1 方向のみとし、注入側と注出側に各々マニホールドを設置することにより、注入された冷却水が各々一つの冷却用マイクロチャンネルを流れ、注出用マニホールドへ排出されるため、積層された各々の一次元半導体レーザアレイ素子は同一の温度の冷却水で冷却され、温度上昇も同一となる。また、単一流路と一体型冷却用マイクロチャンネルの採用により、低圧の損失、加工工数低減、容易な加工法の採用が可能である。

【0031】

【実施例】以下、本発明に付いて、図面に示す実施例を参照して詳細に説明する。本発明の第 1 の実施例に係る固体レーザ励起用半導体レーザを図 1 に示す。同図に示すように、冷却用マイクロチャンネル 16 が多数積み上げられると共にこれら冷却用マイクロチャンネル 16 の間に絶縁体 17 と一次元半導体レーザアレイ素子 1 とが平面的に重なり合わないよう並べて介装され、また、冷却用マイクロチャンネル 16 と一次元半導体レーザアレイ素子 1 とが電気的及び物理的に接合されて二次元半導体レーザアレイ素子が構成されている。

【0032】更に、このように構成された二次元半導体レーザアレイ素子の両側面に注入用マニホールド 18、注出用マニホールド 19 が一直に取り付けられている。一次元半導体レーザアレイ素子 1 としては、例えば、数  $\mu\text{m} \times$  数 100  $\mu\text{m}$  の断面積を持った数 10 個の活性媒質を一次元に並べて配置したものを用いることができる。一次元半導体レーザ素子の上面、下面には、図示しない陽極、陰極をそれぞれ配置している。

【0033】冷却用マイクロチャンネル16と一次元半導体レーザアレイ素子1とを接着する接着材としては、導電性の高い材料が用いられる。冷却用マイクロチャンネル16は、絶縁冷媒である冷却水を一方向のみに通過させる単一流路であり、導電性材料よりなる。また、冷却用マイクロチャンネル16は、一体物として成形され、接合部は設けられていない。

【0034】更に、冷却用マイクロチャンネル16は、相互に接続されていないので、冷却用マイクロチャンネル16の間での冷却水の流出入はない。注入用マニホールド18は、外部から図中矢印9で示す方向より供給される冷却水を多数の冷却用マイクロチャンネル16に対して並列的に注入するものであり、また、注出用マニホールド19は、多数の冷却用マイクロチャンネル16を流れた冷却水をまとめて図中矢印10で示す方向の外部へ注出するものである。マニホールド18、19は何れも絶縁材で構成される。

【0035】従って、注入用マニホールド18から多数の冷却用マイクロチャンネル16に対して冷却水が並列的に注入されると、この冷却水は、各マイクロチャンネル16を同一方向へ流れ、他のマイクロチャンネル16へ分岐することなく、また、合流することなく並列的に流れて（パレルフロー方式）、注出用マニホールド19で集合して排出されることになる。ここで、冷却水は、各々の冷却チャンネル16のほぼ同一距離を同一時間で同一方向に流れ、各々の一次元半導体レーザアレイ素子1で発生した熱を均一に奪うことになる。

【0036】尚、何れかの冷却用チャンネル16を通過した冷却水は、再び、他の冷却用チャンネル16を通過することなく、外部の循環器へ排出される。従って、一次元半導体レーザアレイ素子1で発生する熱量が同一であれば、冷却用マイクロチャンネル16を流れる冷却水の水温が均一であるため、高出力運転時においても、各々の一次元半導体レーザアレイ素子1の温度上昇も同一となり、そのため、波長シフト量も同一となる。

【0037】そのため、二次元半導体レーザアレイ素子として複数個積層したとしても、半導体レーザの発振スペクトルのピーク値を示す波長は長波長側へ移動した後も全て同一なレーザ光が得られる。一方、二次元半導体レーザアレイ素子に対して、図1に矢印7、8で示すように上方から下方へと駆動電流を流すと、導電性材料よりなる冷却用マイクロチャンネル16を経て、一次元半導体レーザアレイ素子1の陽極からその陰極のみに流れ、更に、その下段の冷却用マイクロチャンネル16へと流れ、これを積層された分だけ直列的に流れ、最下段の冷却用マイクロチャンネル16から外部へ流れる。

【0038】これにより、全ての一次元半導体レーザアレイ素子1に対して駆動電流を流すことが可能となり、各一次元半導体レーザアレイ素子1からはレーザ11が出力される。尚、絶縁材17、注入用マニホールド18

及び注出用マニホールド19は、絶縁性であり、また、冷却水は絶縁冷媒であるので、これらには通電される虞はない。

【0039】図2に、YAG結晶にドーブされたNdイオンの吸収スペクトルと半導体レーザの発振スペクトルの同調を示す。同図に破線で示すNdイオンの吸収スペクトル分布13は、 $\lambda_{ap}=808\text{ nm}$ において吸収のピーク値を示し、また、そのときの半値全幅は $\Delta\lambda_{ap}=3\text{ nm}$ 程度である。

【0040】同図に実線で示す常温での通常運転時の一次元半導体レーザアレイ素子の発振スペクトル分布20は、半値全幅 $\Delta\lambda_1=3\text{ nm}$ 程度であるが、ピーク値を示す波長は、高出力運転時における半導体レーザの温度上昇したときの波長シフト量 $\Delta\lambda$ 分だけ、Ndイオンの吸収スペクトルのピーク値を示す波長 $\lambda_{ap}=808\text{ nm}$ より、短波長側に設定されている。

【0041】例えば、波長の温度に対する変化率が $0.3\text{ nm}/^\circ\text{C}$ のとき、高出力運転時に $10^\circ\text{C}$ の温度上昇する冷却設計をした場合、 $3\text{ nm}$ だけ短波長の $805\text{ nm}$ にピークを示す発振スペクトルを有する一次元半導体レーザアレイを採用するのである。これにより、高出力運転時に半導体レーザの温度が $10^\circ\text{C}$ 上昇し、図中矢印で示すように $3\text{ nm}$ だけ長波長側へ発振スペクトル21がずれると、Ndイオンの吸収スペクトルのピーク波長と同調させることができる。

【0042】しかも、二次元アレイ化された全ての一次元半導体レーザアレイ素子の発振スペクトル分布形状とピーク波長が同一であるため、Ndイオンの半値全幅 $\Delta\lambda_1$ と発振スペクトルの $\Delta\lambda_2$ とは一致し、また、ピーク波長 $\lambda_{ap}=\lambda_p$ で一致するため、波長同調が可能となる。

【0043】本実施例に係る二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを図3～図10に示す。先ず、図3に示すように、単一流路である冷却用マイクロチャンネルAを水平に置き、更に、図4に示すように、冷却用マイクロチャンネルAの上の一次元半導体レーザアレイ素子が設置されるスペース以外の面には絶縁シート（商品名：カプトン、厚さ $0.3\text{ mm}$ ）Bを貼付し、一次元半導体レーザアレイ素子が設置されるスペースにはインジウムシート（ $11\text{ mm}\times6\text{ mm}\times0.01\text{ mm}$ ）Cを配置する。

【0044】次に、図5に示すように、冷却用マイクロチャンネルAの上のインジウムシートCの上に、一次元半導体レーザアレイ素子（ $11\text{ mm}\times6\text{ mm}\times0.28\text{ mm}$ ）Dを積層し、更に、図6に示すように、一次元半導体レーザアレイ素子Dの上に、インジウムシートCを積層する。

【0045】引き続き、図7に示すように、一次元半導体レーザアレイ素子D及びインジウムシートCを間に挟んで、冷却用マイクロチャンネルAを積層し、同様のブ

ロセスを繰り返して、固体レーザ媒質を励起するに必要な分だけ積層して二次元半導体レーザアレイ素子とする。

【0046】その後、図8に示すように、二次元半導体レーザアレイ素子（42スタック、180mm）を流路方向と垂直な面の合わせを行った後、二つの支持ブロックEで挟み、その支持ブロックEの両端にボルトFを貫通し、該ボルトFをナットGで締付けトルク7gf・mを加えて締付けた。この締付けトルクは、半導体レーザ素子内の多層膜等を圧力により損傷させないために管理されている。

【0047】更に、図9に示すように、固定された二次元半導体レーザアレイ素子の発光端部を上向きにしてホットプレート等の加熱板上載せて、 $N_2+H_2$ 雰囲気中で200℃まで加熱し、融点156℃のインジウムシートCを溶解させ、その後、加熱を停止し冷却することにより、インジウムシートCを再び固化して導電性接着剤として機能させる。同様に2セット分を作製する。最後に、図10に示すように、二次元半導体レーザアレイ素子の両側面に、絶縁材であるアクリル又はテフロンよりなる注入用、注出用マニホールドHを各々接着剤にて接合する。

【0048】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明によれば、次の効果を奏する。

■固体レーザ媒質の吸収スペクトルと高出力励起用半導体レーザの発振スペクトルの同調ができ、高効率で高出力の固体レーザ発振が達成できる。

■単一流路、流路方向統一、流路形状同一させ、1体物の冷却用マイクロチャンネルを採用することにより、安価で漏水要因の低減が可能となる。

■一次元半導体レーザアレイ素子と冷却用マイクロチャンネルを直に電気的、物理的に接着させるため、コンパクトで高密度な二次元半導体レーザアレイ素子が達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係る二次元半導体レーザアレイ素子の斜視図である。

【図2】本発明の第1の実施例に係るNd:YAGの吸収スペクトル分布と半導体レーザ素子の発光スペクトルの分布を示すグラフである。

【図3】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

【図4】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

【図5】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

【図6】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

【図7】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

【図8】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

【図9】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

【図10】二次元半導体レーザアレイ素子の製造プロセスを示す工程図である。

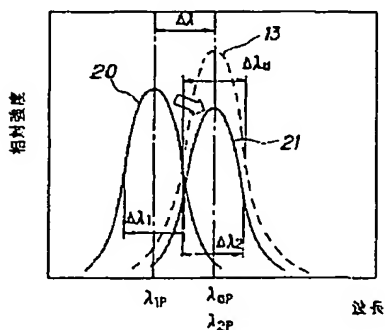
【図11】従来の二次元半導体レーザアレイ素子を示す斜視図である。

【図12】Nd:YAGの吸収スペクトル分布と半導体レーザ素子の発光スペクトルの分布を示すグラフである。

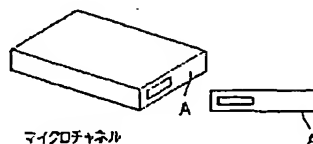
【符号の説明】

- 1 一次元半導体レーザアレイ素子
- 7 駆動電流流入方向
- 8 駆動電流流出方向
- 9 冷却水注入方向
- 10 冷却水注出方向
- 11 1発光素子のレーザ
- 16 単一流路冷却マイクロチャンネル
- 17 絶縁材
- 18 冷却水注入用マニホールド
- 19 冷却水注出用マニホールド

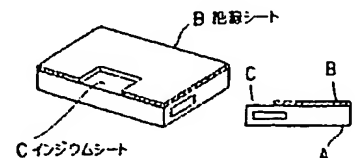
【図2】



【図3】

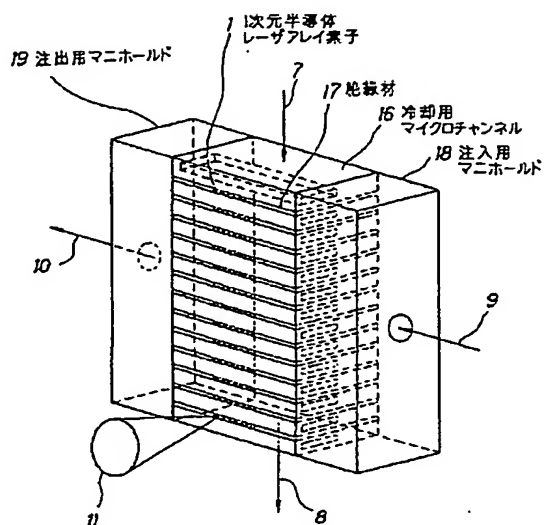


【図4】

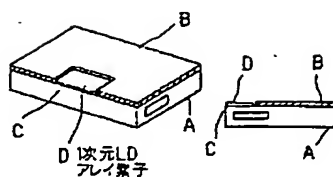




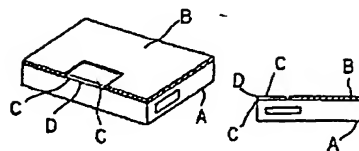
【図 1】



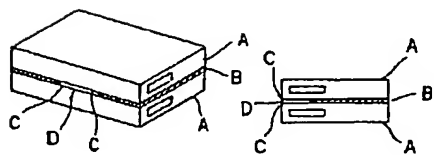
【図 5】



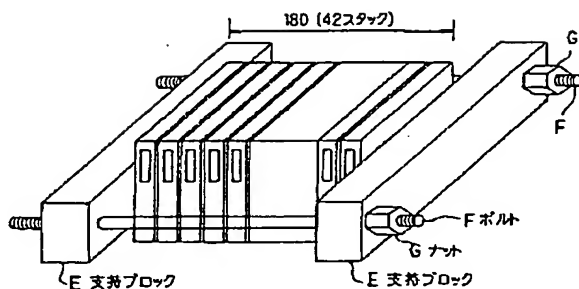
【図 6】



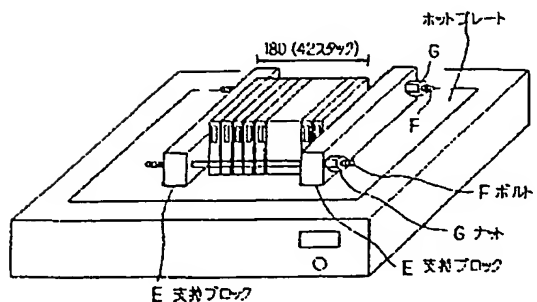
【図 7】



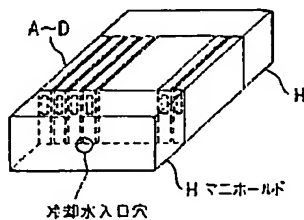
【図 8】



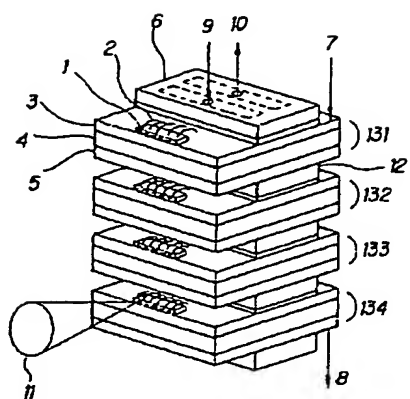
【図 9】



【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】

